

CanécoH : mise au point de leviers pour une Canne à sucre économe en Herbicide à La Réunion

**Mansuy A.¹, Marnotte P.^{2,3}, Marion D.^{1,2,3}, Martin J.³, Roux E.⁴, Chouteau R.⁵,
Wilt M.⁶, Soubadou G.⁷**

¹ eRcane, 29 rue d'Emmerez de Charmoy, BP60315, 97490 Sainte-Clotilde Cedex, La Réunion

² Cirad, UR Aïda, 40 chemin Grand Canal, CS 12014, 97743 Saint-Denis Cedex 9, La Réunion

³ Cirad, UR Aïda, avenue Agropolis, F-34098 Montpellier Cedex 5

⁴ FDGDON Réunion, 23 rue J.Thirel, 97460 Saint-Paul, La Réunion

⁵ CerFrance REUNION, 28 av. Charles Isautier, ZI n°3, Cléfan, 97410 Saint-Pierre, La Réunion

⁶ EPLEFPA St-Paul, 165 route de Mafate, 97460 Saint-Paul, La Réunion

⁷ Chambre d'agriculture, 24 rue de la Source, BP134, 97463 Saint-Denis Cedex, La Réunion

Correspondance : mansuy@ercane.re

Résumé

Les adventices sont les principaux bioagresseurs de la canne à sucre à La Réunion. En conditions tropicales, la lutte contre l'enherbement représente un enjeu majeur de la filière pour améliorer ses performances techniques. A ce jour, la canne à sucre par son emprise sur la SAU de l'île (54 %), est une production végétale très consommatrice d'herbicides, seul pesticide autorisé en canne, malgré un IFT relativement bas (3,4) par rapport à celui d'autres cultures.

Le projet CanécoH a pour objectif d'identifier, tester, comparer et évaluer différentes pratiques de désherbage alternatif au tout chimique dans différentes situations de production. Le projet s'appuie sur divers outils inhérents à la culture de la canne, comme les variétés, la gestion de la paille de canne après récolte, mais mobilise aussi des techniques autres comme le désherbage mécanique, l'utilisation de plantes de services, autant de pratiques visant à réduire de 50 % l'IFT tout en maintenant voire améliorant la productivité agricole. Les travaux sont conduits en station expérimentale ou chez l'agriculteur.

Des résultats encourageants ont montré une réduction possible de plus de 50 % de l'IFT mais entraînent une augmentation du temps de travail et des investissements en matériels parfois importants. Ces résultats doivent être confortés dans le temps tout en adaptant, combinant et améliorant les techniques et les outils afin de conduire les agriculteurs dans un changement plus durable et économiquement rentable.

Mots-clés : Désherbage, IFT, Plantes de services, Paillis, Variétés, Ecophyto

Abstract : CanécoH project: development of herbicide saving practices in sugar cane production in Reunion island

Weeds are the main sugar cane pests in Reunion Island. In tropical conditions, weed control is a major challenge for the sector in achieving the objectives of improving its technical performance. Today, sugar cane, by its influence on the island's agricultural area (54 %), is a crop production that consumes a large amount of herbicides, the only pesticide authorised for cane, despite a relatively low Treatment Frequency Index (3.4) compared to other cultures.

The CanécoH project aims to identify, test, compare and evaluate different weed control practices as an alternative to chemical weed control in different production situations, taking into account the specific characteristics of the environment and the means available (experimental station or farmer's premises):

varietal impact, optimization of trash management, mechanical weeding and the use of covers crops are all practices aimed at reducing TFI by 50 % while maintaining or improving agricultural productivity.

Encouraging results have shown a possible reduction of more than 50 % in the TFI, but with an increase in working time and sometimes significant investments in equipment. The results must be consolidated over time while adapting, combining and improving techniques and tools in order to lead farmers towards a more sustainable and economically profitable change.

Keywords: Weeding, TFI, Covers crops, Mulch, Varieties, Ecophyto

Introduction

La canne à sucre, première filière agro-industrielle de l'île de La Réunion, occupe une place économique, sociétale et environnementale importante. Un peu moins de 3 000 exploitations agricoles la cultivent sur un peu plus de 23 000 ha soit 54 % de la SAU (Surface Agricole Utile) (Agreste, 2016).

Grâce à un processus de sélection rigoureux, les variétés cultivées à La Réunion sont tolérantes aux maladies et aux insectes, si bien que vis-à-vis des bioagresseurs, une des principales contraintes de cette culture reste la concurrence des adventices. Une concurrence qui peut sévèrement impacter le rendement à hauteur de 300 à 500 kg de perte de canne par hectare et par jour une fois cet enherbement installé (Marion et Marnotte, 1991), soit 27 à 45 % du rendement potentiel en trois mois.

Le climat tropical de l'île, chaleur et pluviométrie, étant très favorable au développement des adventices et particulièrement des lianes (Martin et al., 2012), leur maîtrise nécessite de nombreuses interventions pour assurer la production. A ce jour, les planteurs y parviennent principalement par des traitements herbicides, ce qui fait de la canne à sucre, par son emprise sur la SAU de l'île, une production végétale très consommatrice d'herbicides, malgré un IFT relativement bas (3,4) par rapport à celui d'autres cultures (Agreste, 2016). Consciente de cette situation, la filière a souhaité s'engager, au travers du plan Ecophyto et du projet CanécoH, dans une démarche raisonnée pour réduire l'emploi des herbicides ainsi que leur impact sur l'environnement (Martin et al., 2013) et la santé humaine. S'ajoute à cette volonté, celle de limiter une forte dépendance de l'île aux intrants extérieurs, accentuant la vulnérabilité de la filière aux fluctuations des coûts des produits.

En continuité du projet MagecaR (Méthodes alternatives de désherbage et de gestion des enherbements de la canne à sucre à La Réunion (Chabalier et Marion, 2013)) et s'appuyant sur le réseau DEPHY Ferme canne à sucre, le projet CanécoH a démarré en 2013 avec pour objectif une réduction de 50 % de l'IFT par la mise en œuvre de pratiques de réduction d'enherbement tout en adoptant une démarche de reconception de systèmes de culture. En l'absence de référentiel technique sur cette problématique, des pratiques à différents niveaux de rupture ont été testées en évaluant leur efficacité, leur impact sur l'IFT et la production mais aussi les contraintes et les verrous à lever pour maintenir le processus continu d'amélioration des pratiques adoptées. En stations expérimentales ou en co-conception chez des agriculteurs, des pratiques (i) d'optimisation de l'utilisation des herbicides, (ii) de choix variétal, (iii) d'optimisation de la gestion de paille, (iv) de désherbage mécanique, (v) d'utilisation de plantes de services (PDS) intercalaires ou encore (vi) de couverts végétaux entre deux cycles de canne, ont été expérimentées.

1. Matériels et méthodes

1.1 Le partenariat

Sept structures se sont engagées dans la démarche du projet CanécoH : eRcane, pilote du projet, le Cirad, et la Chambre d'agriculture ont mis en place des sites d'expérimentation en station ou chez des agriculteurs ; les EPLEFPA de St-Paul et de St-Joseph ont mis à disposition des parcelles d'essai ; le CerFrance et la FDGDON Réunion ont fourni un appui économique et sanitaire au réseau de par leur domaine d'expertise.

1.2 Les systèmes expérimentaux, sites et dispositifs

Le projet CanécoH, a permis d'identifier, dans un contexte agricole sans référence sur les pratiques de désherbage alternatif, différents leviers pour maîtriser les adventices. Ces pratiques ont été évaluées indépendamment dans des systèmes sur un ou plusieurs sites (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des systèmes expérimentés

Caractéristiques		Types de systèmes					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Systèmes testés		Choix variétal	Optimisation de gestion de paille	Epaillage	Désherbage mécanique	PDS intercalaires	Couverts végétaux entre 2 cycles
Cycles		R0 à R2	R4 à R7	R3 à R7	R2 à R4	R0 à R4	-
Années		2016-2018	2015-2018	2014-2018	2014-2016	2014-2018	2015-2018
Objectifs	Efficacité	Maintenir le taux de recouvrement du sol par les adventices < 30% (seuil de nuisibilité)					
	Réduction IFT*	-30%	-30%	-50%	-50%	-70%	-100%**
	Agronomique*	Rendement en canne et richesse en sucre égal ou supérieur					
Leviers		Contrôle génétique	Contrôle cultural	Contrôle cultural	Lutte physique	Contrôle cultural	Contrôle cultural
Stratégie globale (Efficience, Substitution, Reconception)		E	E	ES	ES	ESR	ESR

PDS : Plantes De Services, Rx : R signifie Repousse, le numéro correspond au cycle (R0 pour la première année du cycle (vierge), R1 première repousse, etc.) ; *en comparaison avec le témoin de référence ; **sur la période d'inter-culture.

1.2.1 Choix variétal

La zone d'essai dans les Hauts de l'Ouest à 545 m d'altitude est considérée comme une zone intermédiaire entre la zone basse de l'île et la zone en altitude, la canne à sucre se cultivant de 0 à près de 1 000 m d'altitude. Peu de références quant au comportement des variétés sont disponibles pour cette zone de l'Ouest.

L'expérimentation a évalué, dans cette tranche d'altitude, la productivité de deux variétés (R579 et R586) et leur impact sur le développement des mauvaises herbes, autrement dit, leur aptitude à maîtriser un enherbement potentiel en fonction notamment de leur rapidité à couvrir le sol.

La modalité correspondant à la variété la plus ancienne et historiquement cultivée dans la zone (variété R570) a été considérée comme la modalité témoin de référence.

1.2.2 Optimisation de la gestion de paille

En repousse, la répartition du paillis au sol et la quantité laissée au champ dépendent du mode de coupe. A cela s'ajoute le choix du planteur d'en conserver la totalité, seulement une partie ou pas du tout. Diverses situations sont alors rencontrées :

- De la couverture totale du sol, à la suite d'une récolte mécanique tronçonnée ou quand la paille a été fanée¹ après une coupe manuelle ou à la coupeuse péi ;
- A une alternance de bandes avec ou sans paille, si la paille n'a pas été fanée après une coupe manuelle ou à la coupeuse péi ;
- A une absence totale de paille, si le planteur a décidé de la vendre et qu'elle a été exportée, laissant le sol plus ou moins nu selon le mode de coupe.

La modalité référence (sol nu) sera comparée à la modalité paillis en plein après fanage.

1.2.3 Épaillage

L'essai d'épaillage est conduit dans la zone Sud de l'île, en condition irriguée, à une altitude de 185 m.

L'expérimentation compare une situation témoin, conduite selon les normes habituelles c'est-à-dire sans épaillage, et deux situations d'épaillage de la canne. L'épaillage de la canne consiste à arracher les feuilles sèches adhérentes aux tiges et à les laisser en couverture du sol. L'une des modalités est épaillée une seule fois vers 8,5 mois après la coupe, alors que l'autre modalité est épaillée deux fois, vers 5 mois, puis vers 9 mois.

1.2.4 Désherbage mécanique

Un des leviers actionnés pour réduire l'utilisation des herbicides est le désherbage mécanique de l'interrang en substitution du désherbage chimique en début de cycle ; la gestion de l'enherbement sur le rang de canne restant chimique. Pour limiter un éventuel impact négatif sur le sol (érosion hydrique ou éolienne) et sur le développement de certaines adventices (rhizomes), il a été choisi de tester plusieurs pratiques sur l'interrang : sarclage, fauchage et remuage de paille. N'ayant pas les outils disponibles, les opérations ont été réalisées manuellement ou avec des petits outils (ex : débroussailluse pour la fauche). Ces leviers sont comparés au témoin référence désherbé chimiquement.

1.2.5 Plantes De Services intercalaires

Traditionnellement à La Réunion, la pratique d'une culture intercalaire avait pour objectif une production alimentaire secondaire avant une couverture complète du sol par la canne. L'objectif ici est d'implanter sur l'interrang une PDS, *Canavalia ensiformis* (Fabaceae), afin de maîtriser les mauvaises herbes avant la fermeture de la canne. En repousse, la paille située sur les interrangs est écartée manuellement, puis remise sur les interrangs après le semis. La PDS et les conditions de semis (Tableau 2) ont été fixés selon les travaux antérieurs (Chabalier, 2009).

Tableau 2 : Conditions semis *Canavalia ensiformis* intercalaire. (PMG : poids de 1000 grains).

	PMG	Densité semis sur IR ²	Nombre de lignes	Ecartement sur ligne	Quantité par ligne de 10 m	Nombre de graines par ligne de 10 m
<i>C. ensiformis</i>	2 190 g	146 kg/ha	2	40 cm	54,8 g	25

¹ Après une récolte manuelle ou à la coupeuse péi, le fanage de la paille consiste à étaler celle-ci, andainée lors de la coupe, sur l'ensemble de la parcelle.

² IR : interrang. Les densités de semis sont divisées par deux pour obtenir la densité réelle à l'hectare (rang + interrang)

1.2.6 Couverts végétaux entre 2 cycles

Au fil des années, la production d'un champ de canne à sucre chute progressivement pour devenir significativement inférieure à son potentiel de production (Matsuoka et al., 1999 ; Cheavegatti-Gianotto et al., 2011). Cette situation conduit le planteur à renouveler sa plantation tous les 5 à 10 ans. Deux à quatre mois peuvent s'écouler entre la dernière récolte et la nouvelle plantation, un intervalle de temps où le sol est exposé aux intempéries climatiques avec des risques d'érosion (Michellon et Perret, 1995) mais aussi à l'enherbement, dont la maîtrise nécessitera des traitements chimiques ou un travail répété du sol, ce dernier dégradant sa structure par perte de matière organique, entraînant donc des émissions de gaz à effet de serre.

Les objectifs de ces essais étaient de tester la mise en place d'un couvert végétal entre deux cycles de canne afin de limiter l'enherbement pour réduire l'utilisation des herbicides (Thomas et Archambeaud, 2013) et d'identifier les limites des couverts végétaux pour optimiser leurs avantages environnementaux, agronomiques et économiques. Selon la date de semis les espèces du couvert ont été adaptées (Tableau 3).

Tableau 3 : Caractéristiques des essais avec couverts végétaux.

Essai	Plantes de services	Date semis	Durée couvert	Surface essai
2014	<i>Vigna unguiculata red variety</i>	04/12/2014	2,6 mois	2,06 ha
2015	A <i>Vigna unguiculata red variety</i>	22/09/2015	2,5 mois	3,36 ha
	A <i>Crotalaria juncea</i>			
	B <i>Crotalaria juncea</i>	26/10/2015	2,7 mois	4 ha
2016	Mélange : <i>Avena sativa</i> , <i>Crotalaria juncea</i> , <i>Vigna unguiculata red variety</i> , <i>Raphanus sativus longipinnatus variety</i> , <i>Guizotia abyssinica</i> , <i>Vicia benghalensis L.</i> , <i>Lens nigricans</i>	30/08/2016	2,5 mois	4,56 ha
2017	Mélange : <i>Avena sativa</i> , <i>Crotalaria juncea</i> , <i>Crotalaria spectabilis</i> , <i>Guizotia abyssinica</i> , <i>Raphanus sativus longipinnatus variety</i> , <i>Brassica carinata</i> , <i>Vicia sativa</i>	13/09/2017	1,6 mois	3 ha
2018	Mélange : <i>Crotalaria juncea</i> , <i>Crotalaria spectabilis</i> , <i>Guizotia abyssinica</i> , <i>Brassica carinata</i> , <i>Raphanus sativus longipinnatus variety</i> , <i>Vicia benghalensis</i> , <i>Vicia sativa</i> , <i>Dolichos lablab</i>	06/08/2018	2,8 mois	2,85 ha

Les expérimentations système de culture (Tableau 4) du projet ont été mises en place sur 7 sites (Figure1) :

- Piton St-Leu : système S1 ;
- La Mare, 3 sites : systèmes S2, S4 et S5 ;
- St-Pierre : système S3 ;
- Ste-Marie : système S6 ;
- St-Benoît : système S5.

Tableau 4 : Caractéristiques des sites

Nom des sites	Sites				
	Piton St-Leu	La Mare	Cirad	Fontaine	Jebam
Localisation	Piton St-Leu	La Mare	St-Pierre	St-Benoît	Ste-Marie
Type de site	Exploitation EPLEFPA	Station expérimentale	Station expérimentale	Exploitation agricole	Exploitation agricole
Systèmes testés	S1 - Choix variétal	S2 - Optimisation de gestion de paille S4 - Désherbage mécanique S5 - PDS intercalaires	S3 - Epillage	S5 - PDS intercalaires	S6 - Couverts végétaux entre 2 cycles
Régime hydrique	Aspersion	Aspersion	Aspersion	Pluvial	Pluvial
Surface essai	0,5 ha	0,3 à 0,5 ha	0,2 ha	0,2 à 0,8 ha	2 à 4 ha

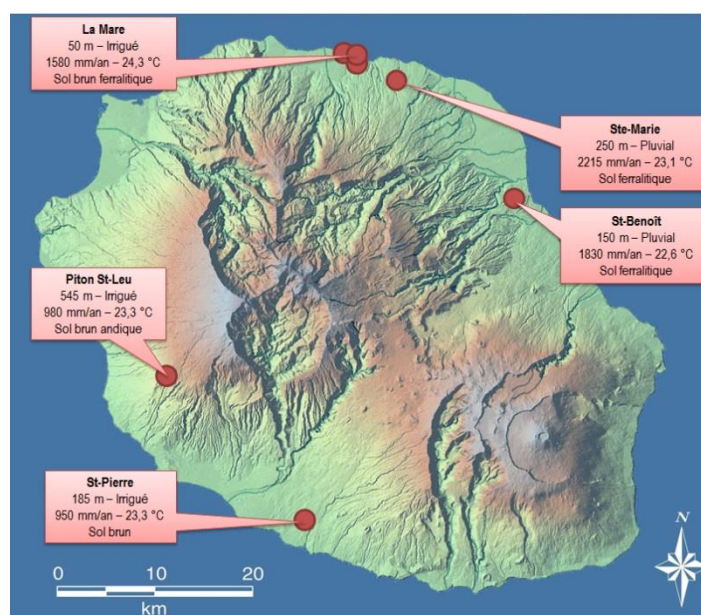


Figure 1 : Localisation des sites

Les dispositifs sont soit en randomisation totale, soit en blocs de Fisher. Sur chaque système expérimenté une modalité « témoin de référence » est mise en place afin d'évaluer les performances du ou des systèmes testés à celles des pratiques en usage. Les parcelles élémentaires de 60 à 2 000 m², sont répétées 2 à 4 fois.

1.3 Conduite des cultures

Les interventions culturales ont été effectuées avec le matériel agricole disponible sur les stations expérimentales ou celui des agriculteurs sur leurs exploitations. La stratégie de désherbage a été fixée selon le seuil de nuisibilité sur la canne estimé à partir d'un taux de recouvrement de 30 % du sol par les adventices (Marion, 1991). Cette valeur a pu être ajustée si nécessaire selon les espèces présentes et la disponibilité en main d'œuvre ou matériel. La fertilisation et l'irrigation ont été fixées selon les besoins de la canne et la pluviométrie.

1.4 Les indicateurs mesurés

1.4.1 Evaluation environnementale

Réduction de l'IFT : hormis les herbicides, aucun autre produit phytopharmaceutique n'est autorisé en culture de canne à sucre à La Réunion, dès lors, l'IFT Herbicide (IFTH) sera égal à l'IFT. L'objectif est d'évaluer la réduction de cet indicateur en comparaison avec le système de référence en mesurant les doses employées, les volumes de bouillies épandues ainsi que les surfaces traitées. L'IFT est calculé en prenant comme référence la dose homologuée pour la culture et la cible concernées.

1.4.2 Evaluation agronomique

Relevé de flore et évaluation de la pression d'enherbement : le recouvrement du sol par les adventices et les PDS a été estimé selon une échelle de notation allant de 0 à 100 % (Marnotte et al., 2001). Ces notes, complétées par une identification ainsi qu'une localisation des espèces présentes, sont portées tous les mois pendant les six premiers mois de la culture de canne, puis tous les deux mois. Ces indicateurs justifient le déclenchement des opérations de désherbage une fois le seuil de nuisibilité des adventices atteint (30 %) tout en évaluant l'efficacité des pratiques mises en place.

Biomasse du paillis et des PDS : la biomasse est mesurée en prélevant des échantillons de paille ou de PDS sur une surface de 2 m² (PDS) ou 15 m² (paillis). Les échantillons sont passés à l'étuve pendant 48h à 105 °C (MS105 – Matière Sèche à 105 °C). Le taux d'azote, contenu dans certaines PDS, a été évalué au laboratoire du Cirad (N Dumas en g/kg MS105). C'est un indicateur de développement des PDS qui sert aussi à raisonner la fertilisation azotée des essais de couverts végétaux entre deux cycles de canne.

Le rendement en canne : en coupe manuelle ou coupeuse « péï » (petite mécanisation), la pesée des tas de canne se fait à l'aide d'un peson hydraulique étalonné. En coupe cannes tronçonnées (grosse mécanisation), les remorques sont pesées à l'usine et la surface correspondante mesurée au champ.

La richesse en sucre : le taux de sucre de la canne est mesuré soit au laboratoire du CTICS³ par la méthode utilisée dans le protocole (<http://www.ctics.fr/PROTOCOLE2018.pdf>) soit à l'aide d'un SPIR (Spectromètre Proche Infra-Rouge) à eRcane estimant le taux de Sucre Extractible (Roussel, 2015).

1.4.3 Evaluation économique

Temps de travail par poste : ces indicateurs sont calculés à partir des opérations réalisées lors des essais mais aussi extrapolés afin d'approcher les conditions réelles d'exploitation. Les charges de mécanisation ainsi que de personnel et les marges économiques n'ont pas été calculées par manque de références dans l'outil AgroSyst concernant certains équipements.

1.4.4 Analyse des résultats

Tous les indicateurs ont été mesurés chaque année pour les systèmes de culture sur la base des interventions culturales réalisées. Les indicateurs de fréquence de traitement (IFT) ont été calculés par Microsoft Excel en utilisant les règles de calcul de DEPHY. Les moyennes des taux de recouvrement par les adventices ou les PDS, des rendements et des richesses primaires ont été calculées sur Excel. Les temps de travaux ont été moyennés par poste de travail. Les analyses statistiques (Analyse de variances à multiples facteurs, test de Duncan) ont été réalisées avec le logiciel XLSTAT.

2. Résultats et discussion

2.1 L'impact variétal – S1

Les systèmes expérimentés ont eu un IFT équivalent à celui du témoin de référence mais la pression d'enherbement a été réduite de 20 à 44 % avec une diminution du nombre de désherbage manuel (Tableau 5). La variété R586 montre un impact positif significatif sur la baisse du taux d'enherbement. L'objectif de réduction de 50 % est loin d'être atteint, même en considérant qu'une opération de sarclage manuel équivaut à un désherbage chimique avec un IFT moyen de 1,16⁴ sur cet essai de 2016 à 2018, la **réduction théorique de l'IFT aurait été de 13 à 18 %** selon la variété. Les variétés R586 et R579 ont eu des vitesses de croissance (Figures 2 et 3) et des rendements en sucre (13,9 t/ha) significativement supérieurs au témoin R570.

³ Centre Technique Interprofessionnel de la Canne et du Sucre

⁴ 3,7 opérations chimiques = 4,3 IFT, un désherbage chimique a donc été évalué sur cet essai à 1,16

Tableau 5 : Performances moyennes des 3 essais S1 sur 3 années d'essais 2016-2018 (/ = non calculé. *, **, *** = significatif aux seuils respectifs de 5 %, 1 % et 0,1 %. NS = non significatif au seuil de 5 %)

	Tréf R570	R579	Ecart/réf	Diff. Stat.	R586	Ecart/réf	Diff. Stat.
IFT (IFT théorique)	4,4 (6,7)	4,3 (5,8)	-2 % (-13 %)	NS (/)	4,3 (5,5)	-2 % (-18 %)	NS (/)
Taux de recouvrement du sol par les adventices (%)	25	20	-20 %	NS	14	-44 %	**
Nb opérations de désherbage	Chimique	3,7	=	/	3,7	=	/
	Manuel	2	1,3	-35 %	1	-50 %	/
Temps de travail (h/ha) Désherbage	129	104	-19 %	/	92	-29 %	/
Rendement canne (t/ha)	75	121	+61 %	***	110	+47 %	***
Richesse primaire (%)	11,3	11,5	+2 %	NS	12,6	+12 %	**
Rendement sucre (t/ha)	8,5	13,9	+64 %	***	13,9	+64 %	***



Figures 2 et 3 : Comparaison de deux variétés, R586 à gauche et R570 (référence) à droite, au même âge (2,4 mois en R1) sur l'essai.

2.2 L'optimisation de la gestion de la paille – S2 Paillis & fanage

La réduction de l'IFT sur le système paillé a été en moyenne de 19 % avec une diminution significative (33 %) du taux de recouvrement du sol par les adventices (Tableau 6). Cette réduction s'est portée principalement sur la surface désherbée suite à des traitements par « taches ». Dans cet essai, la présence du paillis aurait eu un effet significativement négatif moyen de 9 % sur le rendement canne.

Tableau 6 : Performances moyennes des 2 essais S2 sur 4 années d'essais 2015-2018 (/ = non calculé. *, **, *** = significatif aux seuils respectifs de 5 %, 1 % et 0,1 %. NS = non significatif au seuil de 5 %)

	Tréf Sans paillis	Paillis en plein	Ecart/réf.	Diff. Stat.	
IFT	2,7	2,2	-19 %	NS	
Taux de recouvrement du sol par les adventices (%)	12	8	-33 %	**	
Nb opérations de désherbage	Chimique	2	1,7	-15 %	/
	Manuel	2	2	=	/
Temps de travail (h/ha) Désherbage	104	99	-5 %	/	
Rendement canne (t/ha)	147	134	-9 %	**	
Richesse primaire (%)	14.1	14.0	-1 %	NS	

La pression d'enherbement est directement impactée par la présence ou non de paillis sur la parcelle (Figure 4) et notamment la quantité en matière sèche en tonnes/ha (Tableau 7). Selon la technique de récolte, petite mécanisation (péi) ou manuelle, la quantité de paille conservée au champ sur cet essai a fortement varié. En 2018, le passage à la récolte manuelle a laissé un paillis au sol de 14,2 t/ha, soit le double en moyenne. Ce surplus de paillis a favorisé une réduction significative de l'enherbement de 50 % par rapport à celui des années précédentes et une diminution de 48 % de l'IFT.

Tableau 7 : Impact du type de coupe sur la biomasse de paille et sur l'enherbement du système avec paillis 2016-2018 (/ = non calculé ; *, **, *** = significatif aux seuils respectifs de 5 %, 1 % et 0,1 % ; NS = non significatif au seuil de 5 %).

Année	2016	2017	2018
Type de récolte	Péi	Péi	Manuelle
Biomasse t/ha MS	8,5	5,8	14,2
Taux de recouvrement moyen du sol par les adventices (%)	5	9	9
– Avec paillis			
Ecart/réf sans paille	-28 %	-3 %	-50 %
Diff. Stat.	NS	NS	***
IFT – Avec paillis	2,75	1,74	1,57
Ecart/réf sans paille	-10 %	-3 %	-48 %
Diff. Stat.	/	/	/



Figure 4 : Impact de la présence de paille sur l'enherbement

2.3 L'optimisation de la gestion de la paille – S3 Épaillage

L'essai a commencé en 2014. Le désherbage de la parcelle n'a pas été différencié au cours des trois premières campagnes. Ce n'est qu'en 2017 et en 2018, que les pratiques de désherbage ont été adaptées à chacune des trois modalités. Alors que le témoin de référence reçoit une application de prélevée sur les zones restées nues suite au chargement de la canne à la récolte, les modalités épaillées ne sont traitées qu'en post-précoce ou en post-levée ; les opérations sont réalisées selon le niveau d'enherbement (recouvrement > 30 %) et localisées par tache.

Dans l'ensemble, l'essai a eu une pression d'enherbement assez faible avec principalement *Euphorbia heterophylla* (herbe de lait), *Commelina benghalensis* (herbe de l'eau) et *Cyperus rotundus* (zoumine). Le Tableau 8 montre les IFTH obtenus pour ces deux années. Pour la modalité avec un seul épaillage, la réduction de l'IFTH est de 29 %, alors que l'on atteint 49 %, avec deux épaillages. Une à deux opérations d'arrachage manuel complémentaires et localisées ont été nécessaires, notamment contre les grandes graminées comme *Rottboellia cochinchinensis* (fataque duvet) ou *Sorghum arundinaceum* (maïs cafre). Les épaillages sont simultanément des opérations de désherbage.

Tableau 8 : Performance des trois modalités testées sur l'essai S3 2014-2018 (/ : non testé ; ** : test significatif au seuil de 1% ; NS : non significatif)

	E0 témoin	E1 un épaillage	Écart / E0	E2 deux épaillages	Écart / E0	Diff. stat.
Moyenne des IFT 2017-2018	4,9	3,5	-29%	2,5	-49%	/
Moyenne des rendements 2014-2018 (t/ha)	152	145	-5%	137	-10%	**
Moyenne des richesses (%) 2015-2018	15,3	15,5	+1%	15,5	+1%	NS

Le rendement en canne (Tableau 8) a été réduit de 5 % sur la modalité à un seul épaillage (Figure 5) sans différence significative avec le témoin, mais a subi une réduction significative de 10 % pour la modalité à deux épaillages. La richesse en sucre tend à être en moyenne légèrement supérieure (+1 %) pour les modalités ayant été épaillées, mais l'écart n'a pas été significatif.

En reconstituant le paillis de feuilles de canne au cours du cycle cultural, l'épaillage réduit la quantité de paille exportée vers l'usine lors de la récolte ; il peut aussi aider à lutter contre l'érosion due à de fortes pluies combinées en situation de fortes pentes. Le paillis entretient également la fertilité des sols par l'apport de matière organique et aide à conserver l'humidité du sol. Les parcelles épaillées sont plus faciles à récolter.

En ce qui concerne la gestion de l'enherbement, les champs régulièrement épaillés sont généralement moins enherbés que la moyenne grâce à un double effet : le paillis reconstitué joue son rôle d'inhibiteur de la levée des mauvaises herbes plus longtemps dans le cycle et l'opération d'épaillage est l'occasion d'arracher manuellement les mauvaises herbes mal maîtrisées, notamment les grandes graminées (*Rottboellia*, *Panicum*, *Sorghum*) et les lianes (*Ipomoea*, *Momordica*, etc.). La consommation d'herbicides peut donc y être plus faible.



Figure 5 : Canne à sucre (variété R579) épaillée

2.4 Le désherbage mécanique – S4

Le désherbage mécanique des interrangs a réduit significativement l'IFT de 44 à 54 % avec de meilleurs résultats pour la technique de remuage de paille sans travail du sol (Tableau 9). Ayant été réalisées manuellement dans un premier temps, sans disponibilité de matériel, ces opérations ont nécessité un temps de travail beaucoup plus important, avec une augmentation de 33 à 202 h/ha par rapport au témoin de référence. Les opérations n'ont pas eu d'impact sur les rendements en canne ou les richesses primaires.

Tableau 9 : Performances moyennes des essais S4 sur 3 années 2014-2016 (/ = non calculé. *, **, *** = significatif aux seuils respectifs de 5 %, 1 % et 0,1 %. NS = non significatif au seuil de 5 %). IR : Inter-Rang.

	Tréf	Fauche IR	Ecart/réf.	Diff. Stat.	Sarclage IR	Ecart/réf.	Diff. Stat.	Remuage paille IR	Ecart/réf.	Diff. Stat.	
IFT	4,1	2,3	-44 %	*	2,2	-46 %	*	1,9	-54 %	*	
Taux de recouvrement du sol par les adventices (%)	19	10	-47 %	NS	10	-47 %	NS	16	-16 %	NS	
Nb opérations de désherbage	Chimique	2,6	2	-23 %	/	2	-23 %	/	2	-23 %	/
	Manuel	1,5	0,6	-60 %	/	1,4	-7 %	/	3	+100 %	/
	Mécanique	0	1,8	+180 %	/	1	+100 %	/	3	+300 %	/
Temps de travail (h/ha)	Désherbage	104	151	+45 %	/	137	+32 %	/	306	+194 %	/
Rendement canne (t/ha)		128	130	+2 %	NS	125	-2 %	NS	137	+7 %	NS
Richesse primaire (%)		15.4	15.5	+1 %	NS	15.8	+3 %	NS	15.3	-1 %	NS

Les opérations ont commencé à être mécanisées à la fin du projet (fin 2017) et seront évaluées ultérieurement en dehors de cet essai. Les outils ont été soit créés localement soit achetés chez des fournisseurs de matériel :

- Cultivateur à pattes d'oie et pulvérisateur à disques en remplacement du sarclage manuel (Figures 6 et 7);
- Aérofaneur ou faneur de paille en remplacement du remuage de paille (Figure 8) ;
- Tondobroyeur en remplacement de la fauche à la débroussailluse.



Figures 6, 7 et 8 : Cultivateur (à gauche), Pulvérisateur (au centre), Aérofaneur (à droite)

Les premiers résultats ont montré des atouts et contraintes pour chaque outil (Tableau 10). De manière générale, le désherbage mécanique représente un investissement supplémentaire, il ne peut se faire en cannes hautes sauf avec un enjambeur ou un microtracteur et ne concerne, pour l'instant, que les interrangs de canne.

Tableau 10 : Atouts et contraintes identifiés des outils de désherbage mécanique de l'interrang

Outil	Atouts	Contraintes
Cultivateur à pattes d'oie	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la surface de traitement herbicide (50 %) = baisse IFT - Bonne efficacité du désherbage 	<ul style="list-style-type: none"> - Non utilisable sur pente, sol non ressuyé, avec cailloux et en présence de pailles (cultivateur)
Pulvérisateur à disques	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisable en situation ventée - Couplage possible avec traitement chimique des rangs 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du risque d'érosion hydrique et éolienne
Aérofaneur	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la surface de traitement herbicide (50 %) = baisse IFT - Bonne efficacité du désherbage sur lianes et adventices à système racinaire non profond - Pas de travail du sol = diminution risque érosion 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisable en cannes tronçonnées et en repousse uniquement (conservation du paillis)
Tondobroyeur	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la surface de traitement herbicide (50 %) = baisse IFT - Bonne efficacité du désherbage sur tous stades - Utilisable en plantation & repousse - Pas de travail du sol = diminution risque érosion 	<ul style="list-style-type: none"> - Reprise rapide des adventices - Pas de destruction du système racinaire

2.5 Les PDS intercalaires – S5

L'utilisation de PDS intercalaires (Figures 9 et 10) et, notamment, *Canavalia ensiformis*, a réduit l'IFT de 51 % en moyenne en maintenant le taux de recouvrement du sol par les adventices sur l'interrang sous le seuil de nuisibilité soit 30 % (Tableau 11). Toutefois l'implantation des PDS demande un temps de travail supplémentaire moyen de 83 h/ha pour le semis manuel et 42 h/ha pour le désherbage. En effet la maîtrise partielle de l'enherbement étant située sur l'interrang, les rangs de canne doivent être désherbés soit chimiquement soit manuellement.

Un impact négatif sur les rendements en canne a été mesuré avec une perte moyenne de 9 % en comparaison avec le témoin de référence. Elle est probablement due à une compétition racinaire pour l'eau et les nutriments, que n'a pas du compenser la fixation d'azote par la légumineuse dont le développement a été très rapide et important, avec un taux de recouvrement moyen de 32 % /mois.

Les semences de *C. ensiformis* sont très peu disponibles à La Réunion malgré son efficacité dans la maîtrise des adventices et son pouvoir couvrant, c'est pourquoi, en parallèle, d'autres essais sont menés avec d'autres PDS semées seules ou en mélanges (*Crotalaria juncea*, *Vigna unguiculata*, *Brassica carinata*, *Guizotia abyssinica*, etc.).

Le semis des PDS est mécanisable en année de plantation sur sol nu mais à partir de la première repousse le paillis laissé sur la parcelle, pouvant atteindre 20 t/ha, limite fortement l'opération. Après la dernière année du projet CanécoH V1, des semis mécaniques ont pu être réalisés sur paillis avec des disques trancheur de paille diminuant ainsi les temps de travaux. La mécanisation étant limitée sur les surfaces cannières réunionnaises, la micromécanisation sera également testée ultérieurement.

Tableau 11 : Performances moyennes des 3 essais S5 sur 4 années d'essais 2014-2018 (/ = non calculé. *, **, *** = significatif aux seuils respectifs de 5 %, 1 % et 0,1 %. NS = non significatif au seuil de 5 %)

		Tréf Sans PDS	<i>C. ensiformis</i> intercalaire	Ecart/réf.	Diff. Stat.
IFT		3,7	1,8	-51 %	*
Taux de recouvrement du sol (%)	par les adventices	11	9	-18 %	NS
	par les PDS	0	39	/	/
Nb opérations de désherbage	Chimique	2,4	1,4	-42 %	/
	Manuel	2,1	3,6	+71 %	/
Temps de travail (h/ha)	Désherbage	112	154	+38 %	/
	Semis PDS	0	83	/	/
Rendement canne (t/ha)		149	136	-9 %	*
Richesse primaire (%)		14,0	14,0	=	NS



Figures 9 et 10 : *C. ensiformis* sur l'interrang de canne (Fontaine 2017 à 1,5 mois après semis à gauche ; La Mare P25 2015 à 3 mois après semis à droite)

2.6 Les couverts végétaux entre deux cycles de canne – S6

Les légumineuses semées en été (Figure 12) ont recouvert le sol plus rapidement que les mélanges d'hiver (Figure 13), soit une vitesse de recouvrement de 48 % par mois, contre 31 % (Figure 11). De même, la production de biomasse a été plus importante en été qu'en hiver, soit une moyenne de 5,1 t/ha de matière sèche pour les légumineuses d'été contre 1,5 t/ha pour les mélanges d'hiver austral. Les analyses d'azote des légumineuses ont indiqué un N Dumas de 23,4 g/kg de MS105 soit une quantité de 208 kg/ha pour *C. juncea* 2015 B avec une biomasse de 8,9 t/ha. Sur cette modalité, une réduction d'azote minéral de 40 % a alors été faite en année de plantation de canne sans impact sur les rendements en canne et sucre.

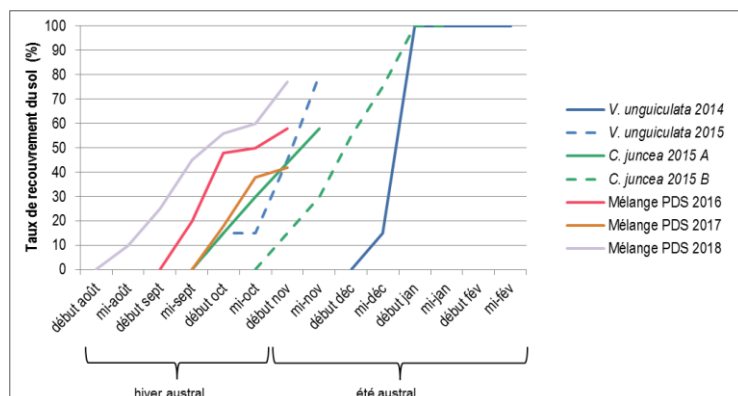


Figure 11 : Evolution dans le temps du taux de recouvrement du sol par les PDS selon les essais.



Figures 12 et 13 : Couverts de *C. juncea* et *V. unguiculata* en 2015 (à gauche) ; Mélange de PDS en 2016 (à droite)

Les couverts végétaux ont réduit le recouvrement du sol par les adventices d'en moyenne 51 %, tant en été qu'en hiver. Pour les essais 2014, 2015 A et 2017, la floraison d'adventices dans le témoin de référence a conduit le planteur à désherber mécaniquement, limitant ainsi leurs taux de recouvrement maximal (Figure 14).

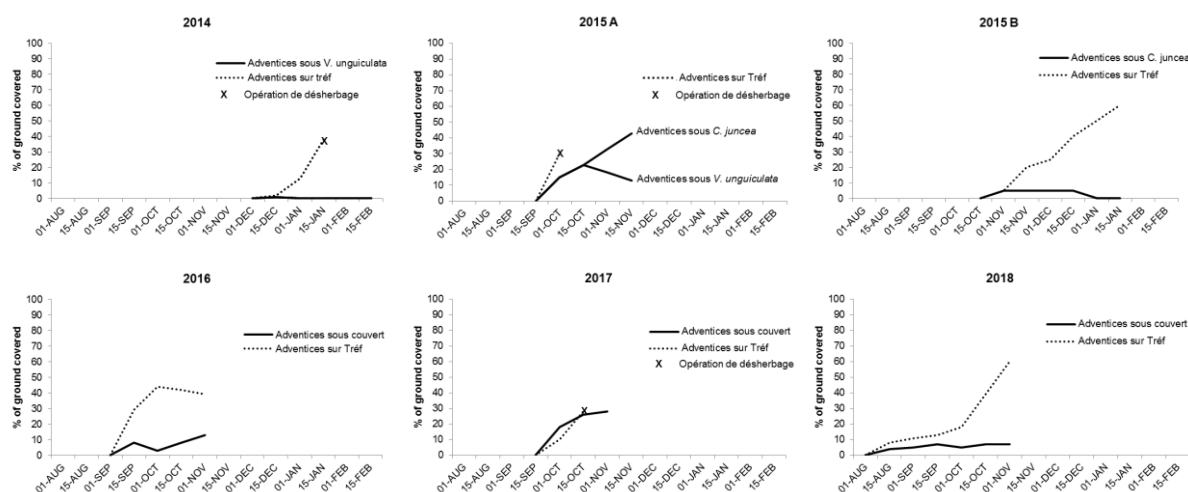


Figure 14 : Evolution dans le temps du taux de recouvrement du sol par les adventices selon les modalités et essais.

Le planteur, ne souhaitant pas impacter les modalités avec couvert végétal, a remplacé ses opérations de désherbage chimique à la rampe par des opérations mécaniques (passage de déchaumeuse à disques légers) des essais 2014, 2015 A et 2017. Considérant qu'un désherbage mécanique équivaut à un désherbage chimique avec un IFTH de 1, les couverts végétaux ont réduit l'IFT de 100 % sur ces périodes d'interculture.

D'autres constats bénéfiques ont été faits en présence de couverts végétaux :

- Un développement ralenti d'adventices, comme les lianes *Momordica charantia* et *Cardiospermum halicacabum*, qui n'ont pas fleuri, contrairement à celles du témoin ;
- De multiples levées d'adventices ont été observées sous les couverts d'été mais n'ont pu se développer par manque de lumière, un effet de faux-semis (Figures 15 et 16) ;
- Impact visuel positif sur la biodiversité et la diminution de l'érosion hydrique.



Figures 15 et 16 : Levées d'adventices sous les couverts d'été (*V. unguiculata* à gauche et *C. juncea* à droite)

3. Etudes complémentaires

Deux partenaires du projet ont réalisé des appuis techniques sur le suivi et l'évaluation des essais :

- Le CerFrance Réunion a eu pour rôle de créer un outil simplifié afin d'évaluer économiquement les systèmes testés. L'objectif était de modéliser et d'extrapoler les données (temps de travaux, charges mécanisation, marges, etc.) obtenues sur les essais à l'échelle d'une exploitation de taille réelle en se basant sur leurs référentiels agricoles ou à dire d'expert. L'outil, n'ayant pu être terminé à la fin du projet, ne permet pour l'instant que de calculer les temps de travaux selon les opérations réalisées et les outils choisis.
- La FDGDON (Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles de la Réunion), partenaire du projet, a eu pour objectif de garantir le bon état sanitaire des PDS utilisées dans les essais. Pour cela des études bibliographiques ont été réalisées sur les différentes maladies et ravageurs des PDS comme *Canavalia ensiformis*. Des diagnostics sur semences ou plants ont également été réalisés au sein de leur laboratoire, la Clinique du Végétal. En effet, l'utilisation de PDS sur les parcelles de canne à sucre pourrait entraîner de nouveaux problèmes sanitaires sur la culture et dans le sol. La première méthode de lutte, préventive, contre les maladies est d'utiliser des semences saines et de savoir gérer rapidement les problèmes sanitaires en cours de culture.

Conclusion

Les systèmes testés dans le projet CanécoH, utilisant des pratiques de désherbage mécanique, de gestion de paille, de PDS ou encore de variétés, évaluent des leviers de substitution d'efficience et de reconception qui ont favorisé une diminution de l'IFT pouvant aller jusqu'à 54 %. Ces pratiques reposent néanmoins toujours sur l'usage d'herbicides pour les rangs de canne et montrent qu'il semble difficile de réduire l'IFT de 100 %, hormis pour les périodes d'interculture.

En conditions tropicales extrêmes et avec une forte pression de lianes et graminées, la culture de canne à sucre économe en herbicide entraîne une augmentation significative des temps de travaux et/ou des coûts de mise en œuvre (acquisition de semoir, cultivateur, etc.). Des intrants supplémentaires comme des semences de PDS peuvent être parfois coûteux en milieu insulaire mais pourront être compensés par les économies en herbicides et EPI (Equipement de Protection Individuelle). Les

performances agronomiques (rendement et richesse en sucre) ont, pour la plupart, été maintenues et sont conformes aux objectifs de production.

Si ces changements de pratiques ne modifient pas en profondeur le système de culture à l'échelle de la parcelle, ils peuvent néanmoins entraîner des conséquences plus importantes à l'échelle de l'exploitation. En effet, ces opérations nécessitent le plus souvent une modification des compétences à mettre en œuvre notamment dans l'utilisation des PDS (choix des espèces, date de semis, détection de problèmes sanitaires, gestion du couvert, etc.) et surtout une réorganisation du travail qui peut être importante.

La conduite des expérimentations a montré que les règles de décision pouvaient entraîner une certaine prise de risque au niveau de la gestion de l'enherbement avec un risque d'augmentation de la pression d'adventices, un réensemencement de la parcelle, une perte de rendement ou une aggravation des risques d'érosion ou de tassement du sol. Cette prise de risque n'est aujourd'hui pas acceptable par l'ensemble des canniéristes dans les situations où les conditions d'enherbement sont difficiles. Toutefois les premiers résultats sont encourageants et intéressent la filière désireuse de faire évoluer ses pratiques vers une agriculture plus durable.

Les pratiques identifiées et testées n'ont pas vocation à être appliquées telles quelles dans les exploitations agricoles. Elles doivent être combinées et adaptées aux différentes conditions d'exploitations (terrain non mécanisable, petite surface, etc.) et pédoclimatiques. De nouvelles expérimentations sont nécessaires pour tester ces combinaisons et davantage d'innovations.

Références bibliographiques

AGRESTE La Réunion, 2016. Réunion : enquête pratiques culturales canne – Le désherbage de la canne à sucre – n°101, septembre 2016.

Chabalier M., 2009. Identification des légumineuses susceptibles d'être implantées en jachère courte, entre deux cycles de canne à sucre, dans diverses situations pédoclimatiques de La Réunion. *Rapport interne eRcane*.

Chabalier M., Marion D., 2013. Rapport de Synthèse du projet Magecar. *Rapport interne*.

Cheavegatti-Gianotto A., Marilia Counto de Abreu H., Arruda P., et al., 2011. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*) : A Reference Study for the Regulation of Genetically Modified Cultivars in Brazil. 28 p.

Marion D., Marnotte P., 1991. Nuisibilité de l'enherbement sur une culture de canne à sucre. In: Rencontres internationales en langue française sur la canne à sucre. AFCAS, ACCT. Nogent-sur-Marne: AFCAS. p. 188-191.

Marnotte P., Dijoux L., Horellou A., Jeuffrault E., 2001. Méthode d'étude en plein champ de l'efficacité pratique des herbicides destinés au désherbage de la canne à sucre. Commission des trials biologiques. Méthode n° 74. Paris: AFPP. 29 p.

Martin J., Petit V., Aunay B., Lucas C., Maillary L., 2013. Canne à sucre, herbicides et pollution des eaux à La Réunion : bilan et perspectives au terme d'une première décennie de suivi. *22^e conférence du Columa*, Dijon.

Martin J., Le Bourgeois T., Lebreton G., Marnotte P., Esther J.-J., Chabalier M., Valéry A., Lépinay E., 2012. Pourquoi tant de lianes ? Le cas de la canne à sucre à La Réunion. *Congrès ARTAS-AFCAS*. La Réunion, 2012.

Matsuoka S., Garcia A.A.F., Calheiros G.C., 1999. Hibridação em cana-de-açúcar. In: Borém A (ed) Hibridação artificial de Plantas. Viçosa: Editora UFV, 221-254.

Michellon R., Perret S., 1995. Conception de systèmes agricoles durables avec couverture herbacée permanente pour les Hauts de La Réunion. CIRAD-CA, 29 p.

Roussel C., Warembourg A., Davrieux F., Bernard J., Poser C., 2015. Development of NIRS method for routine assessment of sugarcane quality in Reunion island. 11th Germplasm and breeding & 8th molecular biology workshops – 1-5 June 2015, La Réunion.

Thomas F., Archambeaud M., 2013. Les couverts végétaux, Gestion pratique de l'interculture. Editions France Agricole – AgriProduction, 306 p.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).